

反核・平和を視野に入れた文科系学生対象の 放射線教育実践

－福島原発事故の環境影響に対する見方の統計的・質的分析を通して－

桐山 信一

1 はじめに

本稿のタイトルに興味ある読者のために概要を示しておく。まず、東京電力福島第1原子力発電所事故（以下、原発事故と記す）の風化の認識や対策の諸相について整理し、今や原発事故の風化を防ぐ放射線教育は国民的課題となっていることを示した。その課題を意識して教育学部の学生や通信教育課程の学生たちに行われた授業を分析した。理科実験の授業では、構内線量測定・土壌放射能などの測定により得られた、原発事故の影響が今なお大学構内にも残っていることの認識は、事故当時の大学生活についての教職員への聞き取り、調べ学習という事実を知る学びとつながり、教育学部の学生の原発事故への関心を広げた。また、通信教育課程の学生を対象に行われた理科概論の授業では、“粒子“や”崩壊“などの理解から世界をどう見ているかを調べ、学生が原子力発電と核兵器のつながりを認識しにくいという結果などが得られた。そして、汚染水をテーマにした討論では、学生からは、教師が提示するだけではなく、調査活動を行わせること、考えさせること、話合わせること、問題の発展性に気付かせることなど、生活科学的な探究方法の重要性が指摘された。結論として、これらの実践は原発事故の風化を防ぐ放射線教育となったことが示唆され、原子力発電と核兵器のつながりの理解を深めるために、核抑止論をめぐる討論などの実施が提案された。

原発事故後8年が経過し、国民のあいだでは風化が進んでいるといわれることもある。風化事象の認識については、メディアにおける報道数減少や国民の認知度の低下以外にも様々な諸相がある。世論調査のなかで、原発事故の記憶を尋ねる次の質問があった。「あなたは、国民の間で福島第1原発事故の被災者への関心が薄れ、風化しつつあると思いますか。そうは思いませんか。」この質問に対して「風化しつつある」と答えたのは78%であり（ $n=998$ ）、風化への福島県民の危機感の強さがうかがえたとしている¹⁾。また、福島県の被害が大きく注目された一方、近隣の栃木でも放射性物質が拡散するも県内の実態が広く議論されることはなく低認知被害などや風化が進んでいる現状が研究者によって指摘されている²⁾。風化事象に対する市民的活動や教

育現場などにおける取り組みなどに関する研究結果の一端は下記のようなものである。

東日本大震災、原発事故の被災地・被災者の「今」を知り、原発事故を風化させないために、ESD 研究所による被災者支援の研究プロジェクトがスタートしている³⁾。短大生を対象にした放射線に関するアンケートを解析した結果が報告されている⁴⁾。報告では、放射線に関連する知識を持つ学生は2012年度(n=59)よりも2013年度(n=122)の方が少なく、両年度とも70%以上の学生が食材・食事以外については心配ないと答えたため、原発事故の風化をうかがわせる結果が得られたと判断され、風化させないための放射線教育が必要であると結論している。私立大学の報告であるが、日本の原子力の導入や原発事故に関する講義後にアンケート調査が行われ(2017年6月、経済学部1年生対象に実施、n=467)、学生の脱原発・再生可能エネルギー志向が示されたとしている。その反面、授業後の振り返りでは次のような記述もあり(n=89)、原発事故の風化に対する反応であるとしている⁵⁾。

「・・・被災地から離れていたりして・・・(中略)・・・若者はあまりこの問題についてあまり深く考えることが少ないのではないかと思います(原文ママ)・・・(中略)・・・被災者ではない私は事故の影響をあまりうけていない。だから脅威について実際には知らないし、だからこそすぐ忘れる。こういった考えをあらためなおすことが必要な気がする・・・」

また、論文に載ったものではないが、福島県内の中学校における放射線教育の報告があり⁶⁾、以下のように事故直後は子どもの関心は高かったとしている。

「・・・自分の家で持っている子もいるはずですが。学校では授業で測定します。空間線量計は4台でベクレルを測る線量計はありませんが・・・」

このように、県内の一般家庭でも線量計が使われていた。しかし、2年後は、

「・・・事故直後は事故について聞いてきたこともありますが今はほとんどありません。授業をして関心が薄らいできていることを知り驚きました・・・(中略)・・・中学校1年生にアンケートを取ったら放射線をあまり気にしていないという子どもが思っていた以上に多かった・・・(中略)・・・空間線量は通常より高いし、これからは内部被ばくのほうも気になる場所なのですが。」

「・・・一番の課題は内部被ばくでしょう。家でもそれほど気にしなくなっている。

危機感の低下や風化に対処するために学校の役割はますます大きい気がします。」など、学校の役割(放射線教育の必要性など)が主張される背景には、福島県内においてさえ生じている風化の現状の一端がうかがえる。

次に、教育研究ではないが、原発事故被災地住民や栃木県に避難している避難者が事故後6年経過しても抱えている健康不安についての研究の中でも、「・・・その被害がいまだに続いており、今後も数十年、数百年単位で取り組まなくてはならない問題が山積しているにも拘らず、これらの問題への関心が薄れている・・・」と原発事故の関心低下への危機感が綴られている⁷⁾。

関連するが、線量計を含む環境機器販売実績については、2011、2012 両年度は 500 億円を超えていたが、2013 年度以降は 300 億円台に下降している⁸⁾。線量計の普及も事故後 2 年で収まったのではないだろうか。このような数値にも原発事故の風化がすでに忍び寄っていたといえないだろうか。

最後になるが、福島県では平成 29 年度に風評被害対策に関連する調査が行われていて、その報告書のなかで、

「東日本大震災以降、国、福島県及び各市町村の取組により福島の復興・再生は一步一步着実な進展を見せているが・・・(中略)・・・震災直後に比べ、福島に関する情報量が減少。これに伴い、国民が復興の進捗を知る機会に限られ、情報の固定化、忘却という“風化”が進んでいる。」

と記し、福島復興の着実な進展の裏で、情報の固定化や忘却という意味での風化の進展が見られるとしている⁹⁾。そして、平成 31 年度には、風評・風化対策関連事業の一覧が公開され、①県産品の販路回復・開拓、②観光誘客の促進、③教育旅行の回復、④国内外への正確な情報発信、⑤「共感と応援の輪」の拡大、⑥土台となる取組など 109 もの細かな推進事業について 2 千万円規模の予算が計上されている¹⁰⁾。

以上、原発事故の風化事象のさまざまな局面での認識や、教育現場などが風化を防ぎたいと危惧し取り組んでいる事実の一端が示された。学校や大学において、そうした意味合いで行われる放射線教育実践の持続は今や国民的教育課題となっている。

前回報告では、風化を防ぐための教育を意識し、学生に原発事故の問題を“彼の地の出来事”としてではなく、“自分(たち)の間”として考えてもらうために、理科実験と理科概論の授業で行った教育実践について述べた¹¹⁾。本報告では、風化を防ぐための教育という国民的課題をより鮮明に意識し、“自分(たち)の間”を広げていくために同科目で行った実践について述べ、風化を防ぐという教育になっているのかを検討する。そして、反核・平和へとつながる教育実践について考察する。

2 構内線量測定レポートにおける自由記述の分析

文献 11) では、科目「理科実験」のなかで、大学構内のほぼ同線量 ($\approx 0.15 \mu\text{Sv/h}$) の 2 地点の γ 線スペクトルを測定し (一方は岩石中の ^{214}Bi などに由来、他方は原発事故由来の放射性 ^{137}Cs などに由来)、構内の線量測定後に結果を受講者に見せることで、自然放射線と原発事故による人工放射性物質による放射線を比較することが可能になるという教材化の可能性を提案した。

2019 年度は次のような実践にした。

ア) 前年度と同じ測定 (構内線量測定、土壌測定、カリウム肥料測定) 及び上述の 2 地点の γ 線スペクトル測定結果の紹介

イ) 原発事故の概要と被害の実態を調べさせる

ウ) 2011 年 3 月 11 日以降の大学での出来事や対応などを、教育学部棟の教職員に聞き取る

特にウ) は、原発事故の風化を防ぐという教育を意識し 2019 年度にはじめて行われた課題である。

ここでは、受講生が提出したレポート（7 名分）の自由記述を分析した結果を示す。テキストの分析には、言語データをセグメント化し、それぞれを 4 ステップのコーディングによる構成概念をつないでストーリーラインを作る手法である SCAT (Steps for Coding and Theorization) を用いた。SCAT は初学者が着手しやすく、アンケートの自由記述のような比較的小さな質的データの分析にも有効であるとされている¹²⁾。

表 1 分析のプロセス

テキスト	今回の放射線の実験で、場所や環境によって自然放射線の量が違うのだと知ることができた。2011 年に起きた事故が、2019 年現在でも影響が残っているというのがすごいと思った。また、放射線は目で見えるわけではないし、もし被ばくしていたとしてもすぐに症状が出ず何年後かに症状がでたりするのは怖いと思った。自然放射線は常に浴びているもので、食事からも被ばくしていることを知ったので、避けられないものだったと思った。原発の事故が起きてから災害や事故が多く起きているが、最悪の事態を想定しておくことが大切だと実感した。
<1> テキスト中の注目すべき語句	今回の放射線の実験、場所や環境によって自然放射線の量が違う、知ること、2011 年に起きた事故、2019 年現在でも影響が残っている、すごいと思った、放射線は目で見えない、被ばくしていた、何年後か症状がでたりする、怖い、自然放射線、常に浴びているもの、食事からも被ばくしていること、知った、避けられないもの、原発事故、災害や事故が多く起きている、最悪の事態、想定しておくことが大切
<2> テキスト中の語句の言い換え	放射線測定、構内で場所や位置によって放射線の量が違う、知ること、原発事故の影響がまだある、すごいこと、見えない放射線に自分も被ばくしていた、何年後か症状がでたりする可能性の恐怖、自然放射線、食事からも被ばくしていること、知った、避けられないもの、最悪の事態、想定しておくことが大切
<3> 左を説明するようなテキスト外の概念	いろいろな場所での測定（構内放射線測定という）、 放射線の認識 （構内で測定する場所や位置で線量に差、避けられない自然放射線、食事からも被曝という）、 新たな認識 （原発事故の影響がまだある、すごいこと、最悪の事態を想定することの大切さなど）、 自己の被曝認識、不安 （自分も被曝していた、何年後か後に症状がでたりする可能性、怖いという）
<4> テーマ・構成概念（前後や全体の文脈を考慮して）	事実を知る方法（実験という）、 事実の認識 （線量の出方、被曝）、 事実への驚き （現在も残る影響など）、 自分事としての問 （自己の初期被曝の認識とともに不安）

SCAT では分析のプロセスは可視化されている。ここでは、SCAT の書式にしたがって最も小さいサイズのテキスト（A さん）を例に表 1 に示す。ゴシック部分は構成概念を示す。自由記述が回想ではなく事実記録に近いものなので、注目すべき語句が多くなり、それらをテキスト外の概念で十分に言い換えられていない箇所もある。

<3> から<4> へのステップも不十分かもしれない。

ストーリーラインは以下の通りである。ここでは、試みに、抽出された概念をもとにストーリーラインを図にした（図 1）。概念・カテゴリー図の描画は KJ 法や M-GTA では普通に行われている。以下のストーリーラインを読むとき、図 1 を併用すれば分かりやすくなる可能性がある。以下、《 》内は構成概念やそれらを集約して表したいわゆる大概念である。



図 1 ストーリーラインの模式図

Aさんは当時小学六年生で地震の被害や停電といった非日常を原発事故の原体験（経験）としてもっていて、東北から遠い地域 of 受講者ではこういう被害体験はなかった。いずれにせよ、このような《震災・原発事故の原体験》があって、理科実験の授業で、構内線量測定・土壌放射能などの測定、聞き取り調査、調べ学習という3つの《事実を知る方法と学び》が行われた。そして、それらの学習を学生が総合して、図1では8つ挙げている《事実の認識》が生じた。《事実の認識》が、見えない放射線や測って比べるおもしろさなど《学びの意外性・面白さ》と、今なお残る事故影

響などの《事実への驚き・目覚め、新しい認識》に広がりを見せた。こうした広がりを可能にしているのが、測定場所と位置で線量に違いが出る事実であった。位置による違いとは、文献11)に書かれている1m線量と地表面線量の違いである。 γ 線は土壌内の放射性Csや花崗岩中の放射性元素から飛んでくるため、地表面線量は1m線量より高いことが多い。この事実は筆者にとっては当たり前であるが、学生にとってはかなりインパクトのある事実であった。こういう“発見”があるところが、理科実験の教育的重要性を高め、学生の思考を広げるカギになる可能性をもつ。そして、《事実の認識》が図1では4つ挙げられている《事象への興味・関心の深まり》につながった。《事象への興味・関心の深まり》は、被曝から身を守る知識を得たい、初期被曝したのではないか不安などの《自分事としての問・行動への意識・被曝不安》と、事故前のレベルへの回復や避難者の帰還を望む、忘れられてはならない風化への危機など《自分事としての問・共感と願い》にさらに広がりをみせた（ストーリーラインはここまで）。

課題ウ)では、学生は次のような事実を聞き取ることができていた（以下ほぼ原文ママ）。

[東京生活のなかで]

- ・ガソリン不足、給油で車が並ぶ、計画停電の実施、電車が止まる
- ・物資の入手しにくさ、物流の停止、卵と牛乳が売り切れ

[大学生活のなかで]

- ・卒業式なし、入学式と授業始まりが1か月遅れ
- ・大きく揺れたとき大学で避難指示が出て、大学内に避難する学生に対し大学が非常食を提供、連絡が取れない学生への安否確認実施
- ・停電時は太陽光で事務職員が仕事をし、学生がトイレのため太陽光発電のS棟へ行く

このような聞き取り事項が自由記述に反映されていた。課題ア)構内や実験室での測定、イ)調べ学習、ウ)聞き取り、の3つの学習が学生の心で統合され、あるいは測定に聞き取りや調べ学習という古典的な手法を併用したことが学生にとっては多面的な学びとなり、表1のようなテキストが生まれたと考えるのが自然である。そして、図1に示したように、事象への関心が深まり自分事としての学習の広がりへと発展したと考えられ、言い換えれば、多面的な学びが実験を行うという経験を学生の関心・態度（現在の学習指導要領では、「学びに向かう力・人間性」）に組み込んでいくという結果（経験の再構成あるいは人間性の形成）を残したと考えられる。そして、この経験の再構成こそが原発事故の風化を“心で防ぐ砦”となり、さらにそれが“脱原発・反核・平和の砦”となるきっかけとなつてほしいと願う。

3 放射線に関わる事象はどう見えているか？

科目「理科概論」では放射性核種の半減期を学ぶが、崩壊の時間変化（ $-dN/dt$ ）が現存量 N に比例するという、次式で示される関係は観測された事実を説明する統計的法則である。 λ は崩壊定数である。

$$-dN/dt = \lambda \cdot N \quad \cdots \cdots (1)$$

文科系の人がこのような関係を把握するのは容易ではなく、正しく理解するには理科以外に確率や統計の基礎知識を必要とする。このような知識の有無や使い方について、2019 年度に入り、指導の一環として、「学校理科的な問」ではなく「ものの見方としての問」で確率統計以外の領域にも計 12 問を構成して通信教育部学生（以下、(1)(2)では通教生と記す）などを対象に調査している（表 2）

表 2 ものの見方としての 12 問の質問項目とその領域

No	質問項目	領域
1	自然界の物質の最小単位は原子である。	粒子
2	水素、ヘリウム、 \cdots などの元素は自然に存在するだけでなく人間が作り出すこともできる。	元素
3	ヨーロッパでは、錬金術という技術で鉄や鉛を金にすることができた。	錬金
4	動物では骨格のカルシウム以外の脂肪や筋肉、内臓などは主に非金属元素でできている。	物質
5	10 個の同じサイコロを同時にふると 1 の目は 2 個あった。1 が出る確率は $1/5$ である。	確率
6	1 円玉 10 枚で質量を測ると 10g であった。1 枚の平均の質量は 1g である。	統計
7	放射線と放射能は同じものである。	放射
8	放射能は時間がたつと自然に減少していく。	崩壊
9	縄文時代には地上に放射線は存在していなかった。	縄文
10	癌の治療に放射線が使われている。	治療
11	日本の原子力発電で用いるウランは全て国産である。	原発
12	核保有国（核兵器保有を国際的に認められた国）では必ず原子力発電を行っている。	原爆

表 2 における領域の命名は質問内容に近い漢字 2 字をあてた。質問には、「はい」「いいえ」の 2 件法を用い、1 回目の授業開始前に質問用紙を配布して、フェイスシートには、性別、年齢区分（18～29、30～49、50～）、所属学部（文理工の区別）を書かせた。通信教育のスクーリングは 3 期あり（春季、夏季、秋季）、全ての期で「ものの見方としての問」の調査を実施した。通教生の特徴を調べるために、教育学部や理工学部などの学生（以下、(1)(2)では通学生と記す）も人数は少ないが調査対象に加えた。通教生と通学生との回答の違いから通教生の特徴がわかったと考えた。調査人数（データ数）は、通教生 68 名（ $n=68$ ）、通学生 30 名（ $n=30$ ）、計 98 名（ $n=98$ ）である。

(1) ものの見方としての12問の調査結果

12問すべて正解で12点となる採点法で行った場合の、データ全体の各質問の正答率を表3に示す。領域による正答率は違いが顕著であった(41～98%)。

表3 ものの見方としての12問の正答率(データ全体)

領域	粒子	元素	錬金	物質	確率	統計	放射	崩壊	縄文	治療	原発	原爆
正答率	0.42	0.71	0.69	0.58	0.78	0.90	0.85	0.53	0.87	0.98	0.89	0.41

項目1、8、12における自然界の物質の最小単位、放射性崩壊、原爆保有の前提については正答率が低く、項目5、6の確率・統計はおおむね正答できており、項目10に見られるように、ほとんどの人が癌の放射線治療については知っていた。なお、2件法のため平均値と標準偏差は割愛する。以下、①～③では分析対象とするサンプルの平均値の比較を行い正答率の違いを見る。正答率の違いでは、いくつかの特徴が示唆されるが、ここでは原子核の理解にかかわることに限定して述べる。

①通教生の集団

独立2群のt検定を用いて、男女の平均値の比較、年齢別の平均値の比較を行ったが、いずれも有意差が出なかった。また、一元配置分散分析を用いて、3つの期別の平均値比較を行ったが有意差は出なかった。したがって、用いたデータからは、通教生は、男女、年齢、受講の期にはよらない一様な集団であるといえることができる。

②通教生の事前事後変化

秋季スクーリングの24名を対象に、授業後にも同じ調査を行って、授業による学生の変容の有無を調べた。分析は、関連2群のt検定を用いて授業前後の平均値の比較を行った。データは少ないが($n=24$)、事後が事前よりも有意に高かった($t=2.17$, $p<.05$)。それぞれの記述統計を、平均値 \pm 標準偏差で示す。

事前 $=8.50\pm1.82$

事後 $=9.33\pm1.69$

このように、授業前後の平均値の上昇という視点からは、授業の効果が認められたと考えられる。なお、もの見方としての12問に関して、授業では直接指導する(正誤を教える)ことはせず、学生が授業に出てそれぞれの学習にそって自らが判断していくというようにしている。そうしないと、もの見方の問いということにはならず、学校理科の問いになってしまうからである。

次に、授業前後の正答率の変化を表4に示す。項目8(崩壊)の正答率が58%から96%に1.5倍以上の上昇がみられる半面、項目7(放射)では減少している。半減期の指導では、崩壊の時間変化が現存量に比例するという式(1)から導かれる、

$$N=N_0(1/2)^{t/T} \dots\dots (2)$$

を用いて、原発事故で放出された ^{137}Cs (セシウム137)の現存量が10年後どう変化するかを計算する場面を作っている。 N_0 は初期値、 T が半減期(30年)、 t は時間経

過（ここでは 10 年）である。このような計算を文系の学生に行わせるには、対数計算ができない（あるいは忘れている）など様々な困難があるが、電卓のファンクション機能を用いた数値計算を紹介している。また、自然減少と除染による減少（人為的な原因による減少）を比較させる場面も作っている。こうした努力が実を結んだのか、放射性崩壊による自然減少は学生の記憶に鮮明に残ったのかとも考えられる。しかし、項目 7 の放射能と放射線の意味の違いについては、正答率が減少していることは教育上よくない結果であった。授業前は、放射能と放射線という字の違いから同じものであるとは判断しなかった可能性があり、授業後は放射能の定義（原子核が放射線を出す能力）や、放射能の一般的な使われ方（Bq 単位で示された放射性物質の量など）などが混在し、放射能と放射線を同意義と判断する学生が増えたとも考えられる。こうした内容を少し分析することからも、平均値の上昇だけでは授業の効果があったとするのは早計であることが理解される。子どもたちに正しく伝えていく仕事である教員を志望する学生が多いなか、放射能の一般的な（あるいは通常の）使われ方で事象が説明されていく傾向がある授業のなかで、その定義の指導には十分な配慮が必要であると考えられる。

表 4 ものの見方としての 12 問の正答率（秋季生）

領域	粒子	元素	錬金	物質	確率	統計	放射	崩壊	縄文	治療	原発	原爆
事前	0.50	0.71	0.75	0.50	0.71	0.92	0.88	0.58	0.71	1.00	0.75	0.50
事後	0.46	0.75	0.88	0.71	0.63	0.96	0.75	0.96	0.79	1.00	0.96	0.50

③通学生の分析

通学生 30 名のデータを用いて、独立 2 群の t 検定により文系学生（教育学部など）と理系学生（理工学部）の平均値の比較を行った。おのおのデータも少ないが、理系（n=17）が文系（n=13）よりも有意に高かった（ $t=2.38$ 、 $p<.05$ ）。それぞれの記述統計を、平均値±標準偏差で示す。

文系 = 8.15 ± 1.46

理系 = 9.24 ± 1.03

このように、通学生に 2 つの成分があるため、1 成分である通教生との平均値の比較は難しいことがわかった。理系学生の平均値が高くなった結果は、文理における学習履歴の違いによると考えるのが通常の解釈であろう。

表 5 ものの見方としての 12 問の正答率（通学生）

領域	粒子	元素	錬金	物質	確率	統計	放射	崩壊	縄文	治療	原発	原爆
文系	0.38	0.85	0.62	0.62	0.77	0.85	0.92	0.23	0.92	1.00	0.85	0.15
理系	0.35	0.71	0.76	0.65	0.88	0.88	1.00	0.65	1.00	1.00	1.00	0.35

次に、文理の正答率の違いを表 5 に示す。まず、項目 8（崩壊）で理系の正答率

が65%で文系の23%の3倍近くにもなる。ここは、文理における高校での物理や化学の学習量の違いであると考えられる。しかし、項目2(元素)で正答率が文系より低くなったのには驚いている(85%→71%)。原子炉の中で、 ^{238}U (ウラン238)は β 崩壊を繰り返して自然には存在しない人工元素 ^{239}Pu (プルトニウム239)になる。このようなことも高校の物理で触れられているはずである。しかし、筆者が高校物理教員であったときの経験から言えることだが、原子力の授業は3年生の最後(3学期)になり、大学入試にもまず出題されないことから、場合によっては学習されないまま(問題演習などに時間を取り)授業が終了している可能性がある。また、項目12(原爆)では、文系・理系とも、表3の全体および表4の通教生(秋季)よりも低く、その理由が出てこない。それでも、理系の正答率が35%で文系の15%の2倍以上にはなった。マンハッタン計画の説明はおおむね次のように行った。

「原爆開発のためには原子炉を持たねばならず(ウラン濃縮とプルトニウム抽出のため)、戦後は核保有国(原爆を保持する国)ではいわゆる平和利用としての原子力発電(原子炉中の核分裂におけるエネルギーを電力に変える発電方式)を行って核技術を温存させてきた。」

社会で働きながら学んでいる通教生の方が、投票など政治参加の場面も含め、様々な社会経験を有する機会も多いと考えられることから、核保有と原子力発電を結び付けて考える傾向や反核・平和への意識が高いのかもしれない。

(2) 質問の類似度の分析

学生にとって表1の12質問がどうとらえられているかという問題がある。表3、4、5の正答率から概ねわかることではあるが、ここではさらに質問相互の距離はどうなっているか、言い換えれば質問の類似度がどんな配置になっているか、数量化理論Ⅳ類で調べた。結果を指導に反映させようと考えている。数量化理論Ⅳ類とは、 n 個の個体の間に相互の親近性が与えられたときに、 n 個の個体を r 次元($r \leq n$)ユークリッド空間内の点として表し、その分布の形状から種々の知見を得ようというものであり前回報告¹¹⁾でも用いた。ここでは、表4の正答率の前後比較から見えたことを、質問の類似度という視点からはどう見えるか、という問いを立てて調べた。

①授業前における12質問のとらえられ方

結果を2次元配置で表示させた(図2)。各軸については、因子分析で解釈されるような特別な意味をもたないので、軸を回転させてデータに合わせるような操作は行わない。項目1、4、8、12の粒子、物質、崩壊、原爆を除くと、他の項目は第1軸上の0～-0.2あたりにまとまっているようにみえる。これらの4項目は、表4でも正答率が0.5程度になっている。特に、項目4、12の物質、原爆は他とは距離が大きい。ある項目と他の複数の項目の距離は、これらの相関行列を基礎にして求められるため、直観的には相関係数が小さいと大きな距離になる。したがって、項目

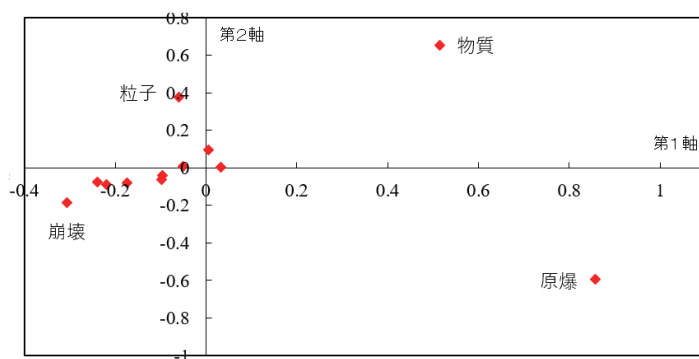


図 2 授業前の 12 質問の類似度

1、4、8、12 の粒子、物質、崩壊、原爆は相互にも距離があるため相互の相関係数が小さく、それぞれに固有の回答パターンがあると考えられる。そのため、授業などで一つが改善（正答率が上昇するなど）されても、そのことが他に波及するとは言えない。ここが、表 4 の正答率の数値だけでは読めなかったところである。

②授業後における 12 質問のとらえられ方

項目 1、4、8、12 の粒子、物質、崩壊、原爆のうち、項目 4、8 の物質、崩壊は、授業後は他の項目の集団（第 1 軸上の 0 ～ -0.2 あたり）に吸収され、表 4 でもこれらの正答率は改善されている。一方、項目 1、12 の粒子、原爆は他の項目と距離を保った状態が残った。表 4 でもこれらの正答率は改善されていない。

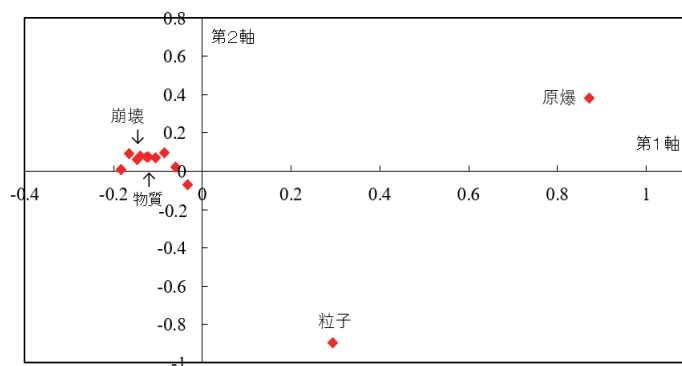


図 3 授業後の 12 質問の類似度

③事前事後の類似度の変化について

項目 4、8 の物質、崩壊が他の項目の集団に吸収されたことから、授業は一定の効果をもたらし、通教生がものの見方を変化させたと考えられる。項目 1、12 の粒子、

原爆については、物の見方の変化には至らず授業での工夫が必要である。

崩壊計算・自然減と除染の比較という指導によって、項目4の「放射能は時間がたつと自然に減少していく」ことの理解は広がった。しかし、上述の(1)で示したマンハッタン計画や戦前戦後の核戦略変化の説明では、項目12の「核保有国では必ず原子力発電を行っている」という見方にはつながらなかった。このように、核兵器と原発がどうつながっているか(ウランの濃縮、プルトニウム抽出)の関係がうまく理解できないところに原因があると考えられる。つながりというのは、広くいえば科学的なことだけではなく歴史的なことも含むと考えねばならない。

4 汚染水問題の学習－風化させないための実践として－

前回報告では、科目「理科概論」のなかで、原子炉の4つの困難(プルトニウム、最終処分場、放射能汚染、廃炉)を学生が自らの論理(ロジック)をもとに困難度の順に並べ替える課題の教育的有効性について述べた¹¹⁾。

2019年度は、原発事故の風化を防ぐというテーマを意識した活動的学習を行った。原子炉の4つの困難のうち学生が最も興味を持ったテーマを1つ選び次のような順序で学習を進めさせた。まず、

- ・自分が小・中・高のなかで一つの校種の教師になったと想定して、風化を防ぐために授業でどう取り上げるかを構想し記述する。
- ・同じテーマを選んだ2～4人程度のグループを作り、自分のアイデアを説明してグループ内でコメントをもらう。
- ・そのコメントを整理し記述することで、自分のアイデアを修正し感想も含めて記述する。

ここでは、その活動の中で、おそらく2020年度あたりから政治的議論になってくる、汚染水(放射性物質除去のための多核種除去設備ALPSを通した処理水)海洋投棄問題について討議したグループの活動から述べる。

(1) 汚染水(ALPS処理水)の概要と現状

問題の本質を知るため、やや長くなるが以下に汚染水とその海洋投棄の難しさの概要を簡単に説明しておく。原発事故から2年経過した2013年には、1日に400t(トン)という巨大な量の汚染水が原発構内に貯まり続けていた。その理由は概要次のようである。外部から循環させている冷却水400tが炉心を通して高濃度汚染水となり原子炉の地下に移動する。そこに阿武隈山系の地下水がほぼ同量の400t流入して高濃度汚染水と混ざるため800tに増量していた。そのうち、400tを冷却水としてそのまま循環させ、残りの400tをALPSで処理して外部のタンクにため続けていた。その後、国費350億円を投入して、地下水の流入を防ぐ遮水壁を設置するなどの対策

が講じられた。しかし、それでも 100 t の地下水が流入し、2019 年現在では約 120 万 t の汚染水タンクが生じている¹³⁾。国と東京電力（以下、東電）はこの状態を何とか解消させたいと考えており、現職の環境大臣が海洋投棄を提案した（本音を語った）ことは記憶に新しい¹⁴⁾。しかし海洋投棄には反発も強くある。理由としては、地元漁協の風評被害懸念（風評だけで済むかどうかはわからない）、海洋生態系に放射性物質が蓄積し種に変異が生じる可能性、魚から人への放射性物質の移行、海外からの反発による国際問題への発展などがある。原子力市民委員会という民間の活動の中では、米国サバンナリバー核施設での汚染水モルタル固化などを参考に海洋投棄以外の方法も模索されているが¹⁵⁾、ここでは本題からはずれるため詳しく述べない。

汚染水（ALPS による処理水）を海洋などに廃棄することがなぜ難しいのかというと、基本的には、汚染水には、ALPS で全く取り除くことのできない放射性物質である ^3H （トリチウムあるいは三重水素）を含むためである。トリチウムは水素の同位体なので水（トリチウム水）として存在するため、フィルターで水を除去することはできないからである。 ^3H は β 崩壊をし、半減期は約 12 年で放出される β 線のエネルギーは 5000eV（電子ボルト）程度で放射線のエネルギーとしては低い。しかし、人体を構成する物質の結合（炭素や酸素などの共有結合、DNA 内の水素結合）が 0.1～10eV 程度であることと比較すると、はるかに大きいエネルギーであるといえる。トリチウム水を取り込むと、細胞内の DNA を近くから被曝させる危険性がある（内部被曝）。汚染水のトリチウム平均濃度は約 100～200 万 Bq/ℓ（ベクレル毎リットル）と重大な値であるが、これを 100 倍程度に薄めれば法律的には海洋投棄が可能となる（国の放出基準は 6 万 Bq/ℓ、この水を 1 年間 2 ℓ 飲み続けても 1 mSv の被曝とされている）。また、東電は ALPS の処理で ^3H 以外の 62 種類の放射性物質を除去できると説明していたが、2018 年の段階で汚染水タンクの 8 割超で、 ^{90}Sr （ストロンチウム 90）などが基準を上回っていて、最大で基準値の約 2 万倍にあたる 60 万 Bq/ℓ の濃度で検出されたことを報じ、福島県で開かれた経産省公聴会で汚染水の中にトリチウム以外の放射性物質があることに批判が集まったとされている¹⁶⁾。

（２）汚染水海洋投棄問題の討議から

以上のように、種々問題をはらむ汚染水であるが、あるグループは概要下記のように討議を進めた。原発事故当時は小学生だった人もいる 4 人のグループである（全員 20 代、男性 2 人、女性 2 人）。グループが提出したレポートには、下記の 15 の記述（A～O）があった。汚染水海洋投棄問題を討議のテーマにした理由は、次のように子どもたちにも共有できそうな理由であった。

A 海は身近に感じられるから

B 海が好きだから

C 海は世界とつながっているから

D 海の生物が可哀想だから（A～Dは原文ママ）

①授業の中でどう取りまとめるか

E 今の小学2年生が2011年に生まれている。6年生（当時2歳）にしてもまったく当時の記憶は無い。このことから、小学生を対象とする場合、東日本大震災の映像や導入に必要となる資料を見せたい。

F この問題について話し合わせる事が大事ではないか。

G 自分は、東日本大震災のとき小学6年生であり、そのときに原発について調査活動を行って発表した。調査活動は子どもが自分の力でやるため記憶に残るのではないか。

H 発電種類別の発電量の経年変化を示すグラフを提示する。原子力発電が変化した（0になった）年に気づかせて、そこで何があったか考えさせる。

I 水と食塩水を提示する。見た目では分からないけれど違いがあることを体験させてから、放射性物質トリチウムが水と分解できないこと、海に廃棄される問題があることを伝え、考えさせる。

②グループで出た意見やコメント

J 当時の映像がわかりやすい。

K 考えることに意味がありディベートも大事である。

L 水のような身近な問題から世界の問題につながっていくのがよい。

M 資料（グラフなど）に基づく学習が大事であるが、調べるための適切な資料が見つかるか疑問である。

③修正されたところ

N 調査活動やディベートを取り入れたい。

O 調査活動の資料は教師が用意する。

研究的な分析方法を用いたわけではないが、以上の15の記述から次のような教育上の留意事項が抽出できた。留意事項は、現場で実施するときの参考にはなると考えられる。

まず、この問題を学習テーマにする理由として子ども目線があげられる（A～D）。汚染水は原発事故からの歴史性を引きずるため、その部分だけの切り取った理解は難しい。子ども達の記憶もない。そこで、資料や映像の必要性が指摘された（J、M、O）。また、教師が提示するだけでなく、調査活動を行わせること、考えさせること、話し合わせること、問題の発展性に気付かせることの重要性についても指摘された（K、L、N）。汚染水といっても学習者のイメージはさまざまであろう。小学生なら水に何か不純物や毒物が混入しているイメージであるかもしれない。水と食塩水の比較という子どもの実情に沿った教材が用意された（I）。ちなみに、3年生の理科で育成したスキルは“比較”であり、小学校理科の一番の基礎スキルである。食塩水の比喩は筆者も考えたことがなく驚かされた。

以上の留意事項は、子どもたちが原発事故を忘れることを防ぎながら、その成長に寄り添うものである。また、学校理科的な教えより生活科学的な学びの重要性¹⁷⁾が指摘されたものともいえよう。



汚染水タンク(2013 GREENPEACE関連HPより)

図 4 授業で示した汚染水タンク画像とトリチウム水のモデル

学生から出た資料や映像の必要性に関連するが、討議をさせる授業が小学生対象なら、汚染水 120 万 t が教室何個分に当たるか、タンクはどれだけあるか、敷地はどれだけいるか、など算数を援用して保管の大変さを考えさせることも可能であろう。授業の対象が高校生ならトリチウムの β 崩壊にふれることも可能であると考えられる。

授業での汚染水海洋投棄問題についての討議は、子どもたちが、これだけの重大な問題に日本国民が直面しているという現実を知り（さらに言えば自分たちの問題として捉え）、どうすればこれ以上事態が悪化しないかを考えていける一歩になるのではないだろうか。ここで日本国民が直面しているという表現を使ったが、正しくいうと直面している主体は、原発を国策とし続けてきた国家や政権、それを支える東電など電力産業である。しかし、汚染水問題の影響は福島をはじめ日本全国、世界へも拡大していくものであり、その意味で日本国民という表現も可能である。さらに、申し訳ないことだが、汚染水問題は子どもたちにもいずれ関わってくるかもしれない。

学校での授業の参考のため、通教のスクーリング授業で示した汚染水タンク画像とトリチウム水のモデルを図 4 に示す。教室で起こることは世界でも起こるし、したがって教室を変革することは世界の変革につながるというのは筆者の持論である。

5 まとめと課題

1 では原発事故の風化とはどのような事象であるかいくつかの方面から整理した。2～4 では今や国民的課題となった風化を防ぐ放射線教育について、筆者が行った取り組みを述べ、その中で個々の結果（事実）と結果を説明し得るモデルについて記述した。ここでは個々の復唱はさけ、教育と研究の関係の今後を見据えた内容で、モデルに基づき来年度からの実施すべき事項について、課題や提案、教職大学院などの修了生への期待などを述べる。

（1）来年度から実施していく事項についての課題と提案

2 で作ったレポート自由記述のストーリーラインであるが、SCAT の分析方法は次の 2 つを目指しているようにみえる。

- ・集約と抽出（テキストを要約してエッセンスを取り出す）
- ・一般化と理論化（テキスト外部の概念を用いてテキストを解釈する）

SCAT は一般化を志向しつつテキストに則って行われるデータの超集約的方法であると言えるのではなかろうか。また、作業の中で学習者の認識を広げる表現が見つかることもある（・・・構内で場所や位置によって放射線の量が違う・・・ 図 1 参照）。それゆえ、現場でも子どものレポートの分析などを比較的短時間で行える質的分析法ではなかろうか。

3 で行った、「ものの見方としての問」で構成した計 12 問の数量化理論Ⅳ類による分析では、項目 1、項目 12 の粒子、原爆には課題が残った。粒子の問いは物質観（自然観）、原爆の問いは歴史観とも言え、これらは世界認識につながる問題であり、ヒトが人間としてどう生きるかという大事な問を立て解決していくという人生問題でもある。授業者の力量という経験値でも済まされない難しい場面であろう。次のような聞き方による問題もある。

項目 1：自然界の物質の最小単位は原子ではない。

項目 12：核保有国では必ずしも原子力発電を行っていない。

このような否定形で質問した場合、今回と逆の回答になるかはわからない。この 12 問は心理学でいうような尺度ではないため、そういう難しさもある。このように、項目 1、12 の粒子、原爆は、学習者に自然観や歴史観といったいわば複合的な理解を求める問題であるため、今後も調査や分析を続けていきたい。

来年度は、理科実験では、構内線量測定・土壌測定などに加えて「核兵器の原料はどのように作られるのか？」という問いを示し調べ学習をさせると学生は必ず原子炉につきあたるという想定でレポートを構成していきたい。その際、調査前の自分の考え、調査内容、調査後の考えの変化などを明確にさせていきたい。理科概論では、今年度の討論テーマは汚染水海洋投棄問題などであったが、次年度は「核抑止論をどう考えるか？」という問いからスタートし、核抑止論をめぐるディベートのような形式を取り入れた討論を考えている。その際、核抑止賛成の立場あるいは核保有国（米、露、中、英、仏）の立場と反対の立場（核兵器禁止条約加盟国の立場）を決めて討論させたい。冷戦時には抑止下のもと大きな戦争はなかったが、米ソを中心に核兵器が大量に作られた。その際、原料（高濃縮度の ^{235}U などで核原料という）はどのように製造が続けられたのかという問が出るかもしれない。こうした核保有国の状況などが討論に取り入れられれば、項目 12 の原爆と原発の歴史的結びつきの理解につながるような討論の流れになるのではないかと考えられる。さらには、歴史的には、戦後の核兵器保有国では、 ^{235}U 濃縮技術の継続、原子炉から ^{239}Pu を抽出する技術の継続、といっ

た核兵器製造の軍事科学技術を温存させるために核のいわゆる平和路線(原子力発電)を敷いたという史実(ここも項目 12 の原爆のところと関連)を、学生が自分で確認することができると思う。討論後に提出させるレポートでは、討論内容を踏まえたうえで、

- ・日本のような第 3 の立場(2019 年度現在)からは状況はどう見えるか?

- ・どうすれば世界がこれ以上悪くならないか?

など現実的課題に対して学生に考えさせていきたい。

(2) 教育活動への期待

次に、研究現場だけではなく今後は教育現場にも求められることとして、数量的な統計的分析に加えて質的分析の併用が指摘される。子どもの幸せは教育の目的であるゆえ、教育活動の有効性を広く深く検証するための両者の併用は教職大学院などの修了生にも担ってほしい課題である。3 で述べたように、スクーリング(秋季)受講の学生について授業前後で平均値に統計的に有意な上昇が認められたが、いつもこうなるとは限らない。学習者の理解や態度に統計的有意差が認められなくても、2 で述べたように自由記述を分析すれば学習者の変容が見えることもあり得るし、その逆もあるだろう。むしろ、数値(平均値など)や記述(インタビュー結果や自由記述など)の両者がよい結果を残すこともある。しかし、教育的実践の後で、もし学習者の数値に有意差が認められず、記述の分析でも学習者の変容が見えなかったとき、その教育的実践が真摯に行われた場合、難しい局面に出会ったと認識すべきであろう。教育的実践が受けた学習者にとって有効でないのか、あるいは階層的な学びが求められる領域なのか等々、いくつかの仮説を立てながら経験的に立ち向かっていくしか方法がない。場合によっては研究的な分析法がそのままでは使えない場合もあるだろう。こういう成果が見えにくい難しいケースは、学位をとるとかそういう見えやすい研究成果には結び付きにくい、やはり教職大学院などの修了生に担ってほしい研究課題である。本当は、成果がすぐには見えにくいところに教育の難しさがあり、言い換えれば教育を職業とする価値もあるのではないか。教育上の困難に直面してこそ教員としての人生も意義がある。

引用・参考文献

1) 朝日新聞デジタル:世論調査—質問と回答(福島県、2/23、24 日実施)、2019、2、
<https://www.asahi.com/articles/ASM2T4TW2M2TUZPS007.html>

2) 産経新聞:東日本大震災 7 年原発被害の「低認知」に注意(宇都宮大・清水准教授「風化に危機感」)、2018.3.10

<https://www.sankei.com/life/news/180310/lif1803100048-n1.html>

- 3) 立教大学 ESD 研究所 / 立教 SFR 重点領域プロジェクト研究主催講演会「福島
今と向きあう」: 2013.9.13、<http://library.rikkyo.ac.jp/librarypress/roots/2013/>
- 4) 荒井義則: 放射能に関するアンケート調査、埼玉女子短期大学研究紀要第 28 号
(2013 年 .9 月)、pp.125～134
- 5) 本間啓子: 東日本大震災および福島第一原発事故に関する意識調査－北海学園大
学経済学部 1 年生を主な対象として－、北海学園大学大学院経済学研究科 研究
年報第 18 号 (2018 年 .3 月)、pp.19～32
- 6) 日下部準一ほか: 早稲田大学ジャーナリズムスクールウェブマガジン SPORK、
2014 年 4 月 11 日号
- 7) 清水奈名子: 被災地住民と避難者が抱える健康不安、学術の動向 (2017.4)、
pp.44～49
- 8) 一般社団法人日本電気計測器工業会: 電気計測器の中期見通し 2015～2019 年度、
JEMIMA (Japan Electric Measuring Instruments Manufactures Association)、
2015 年 12 月 9 日
- 9) 平成 29 年度地域経済産業活性化対策調査委託費 (福島県における風評被害対策
の在り方等に関する調査研究事業) 報告書、2018 年 3 月 30 日
- 10) 平成 31 年度風評・風化対策関連事業一覧:
福島県 HP、<https://www.pref.fukushima.lg.jp/>
- 11) 桐山信一: 教育学部の学生を対象にした放射線教育実践－構内線量測定と原子炉
の問題の考察から－、創価大学教育学論集、第 71 号 (2018 年度)、pp.211～226
- 12) 大谷 尚: 4 ステップコーディングによる質的データ分析法 SCAT の提案－着
手しやすく小規模データにも適用可能な理論化の手続き－、名古屋大学大学院教育
発達科学研究科紀要 (教育科学)、第 54 巻第 2 号 (2007 年度)、pp.27～44
- 13) 東京電力 HP: <http://www.tepco.co.jp/decommission/progress/watertreatment/>
- 14) 朝日新聞デジタル: 2019.9.10
<https://www.asahi.com/articles/ASM9B3QJJM9BULBJ003.html>
- 15) 水藤周三: 「ALPS 処理水取扱いへの見解」を公表－「海洋放出が唯一の選択肢」
ではない－、高木基金だより、No50 (2019.11.9)、p14
- 16) 朝日新聞デジタル: 2018.9.28
<https://www.asahi.com/articles/ASL9X6HQ3L9XULBJ014.html>
- 17) 桐山信一: 「学校理科で探究する生活科学－生活科学的アプローチによる学校理
科の学習転換、エネルギー・電磁波・放射能－」、大学教育出版 (2012)

Radiation Education Practice for Liberal Arts Students with a View to Antinuclear and Peace

—From Statistical and Qualitative Analysis of Views on the Environmental Impact of the Fukushima Nuclear Accident—

Nobukazu KIRIYAMA

In this article, it was pointed out how the forgetting of the nuclear accident started. Forgetting the nuclear accident and radiation education to prevent forgetting the nuclear accident has now become a national issue. We analyzed the classes that were given to the students of the Faculty of Education and the students of the correspondence course with awareness of the problem. In the science experiment class, there were three “learning to know facts”: on-site dosimetry and soil radioactivity measurements, interviews at the time of the accident, and study learning. The recognition that the effects of the nuclear accident still existed in the university campus expanded the students' interest. In the class of science introduction, it was investigated how learners looked at the world from the understanding of “particles” and “radioactive decay”. Knowledge about the learner's view was obtained. For example, it was difficult for students to recognize the connection between nuclear power and nuclear weapons. And discussion was held on the theme of contaminated water in the science introduction class. The students pointed out the importance of presenting by the teachers and the research activities of the students, thinking and discussing with the students, and recognizing the spread of problems. It was shown that these radiation educations were effective in preventing forgetting the nuclear accident. In order to deepen the understanding of the connection between nuclear power and nuclear weapons, a debate on nuclear deterrence was proposed.

